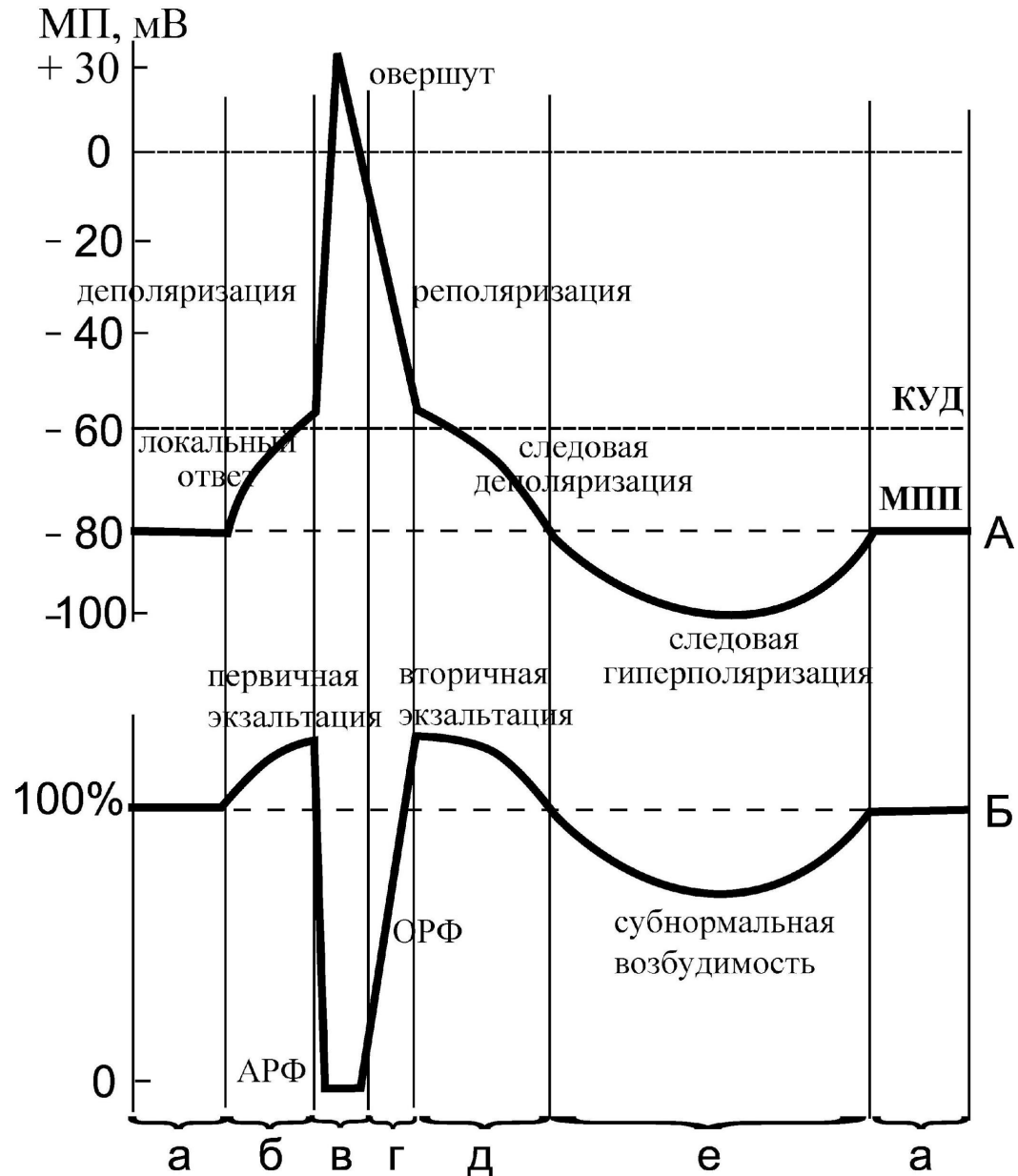


# Изменение возбудимости во время потенциала действия





**Физиология  
нервов и синапсов**

# НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА

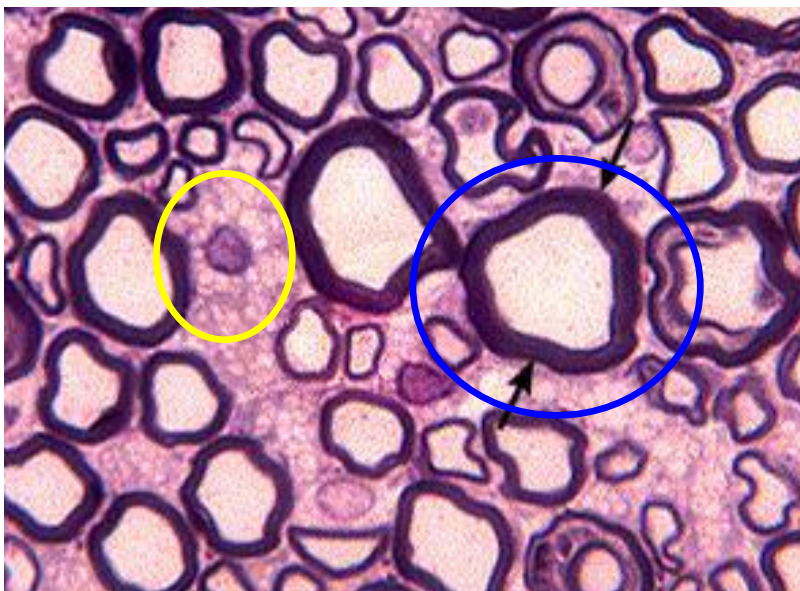
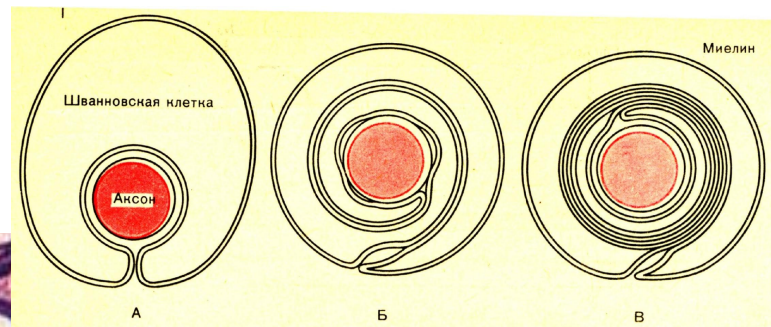
## НЕМИЕЛИНИЗИРОВАННЫЕ

лишены миелиновой оболочки.

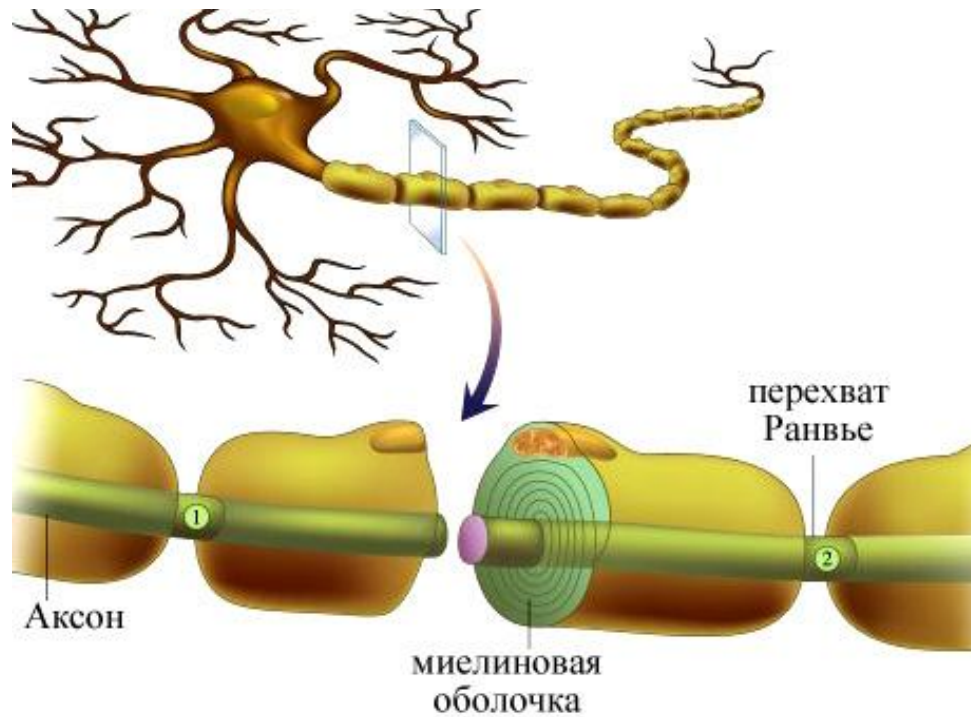
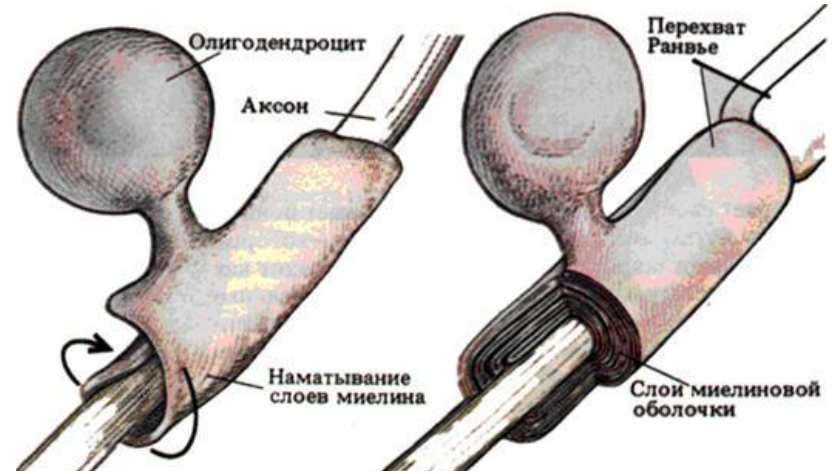


## МИЕЛИНИЗИРОВАННЫЕ

покрыты *миелиновой оболочкой*.  
Миелиновую оболочку образуют изолированные Шванновские клетки (олигодендроциты).

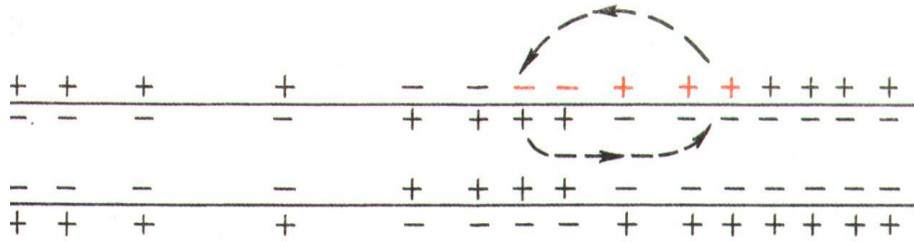


# Образование миелинизированных волокон

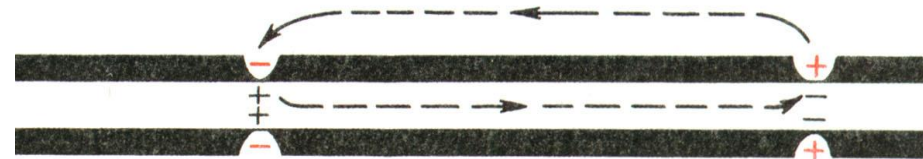


# Проведение возбуждения по нервным волокнам

**немиелинизированным:**  
непрерывное

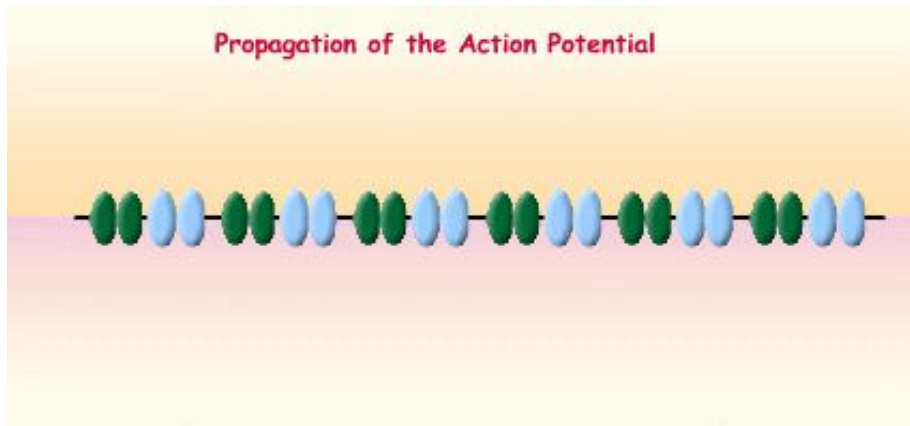


**миелинизированным:**  
скачкообразное

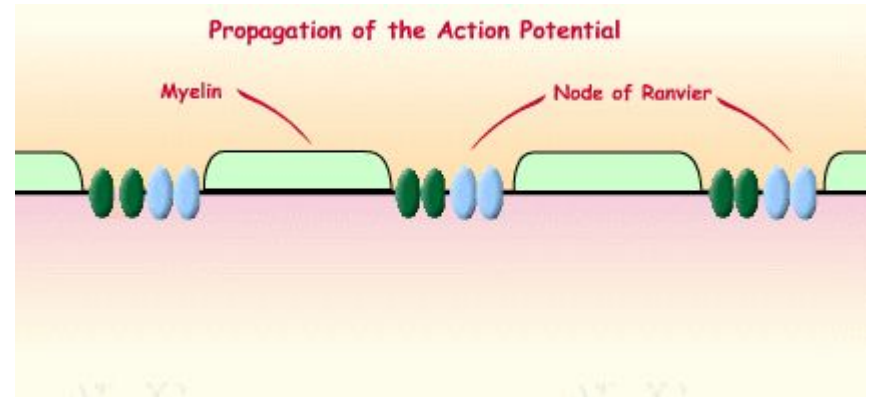


Перехват Ранвье

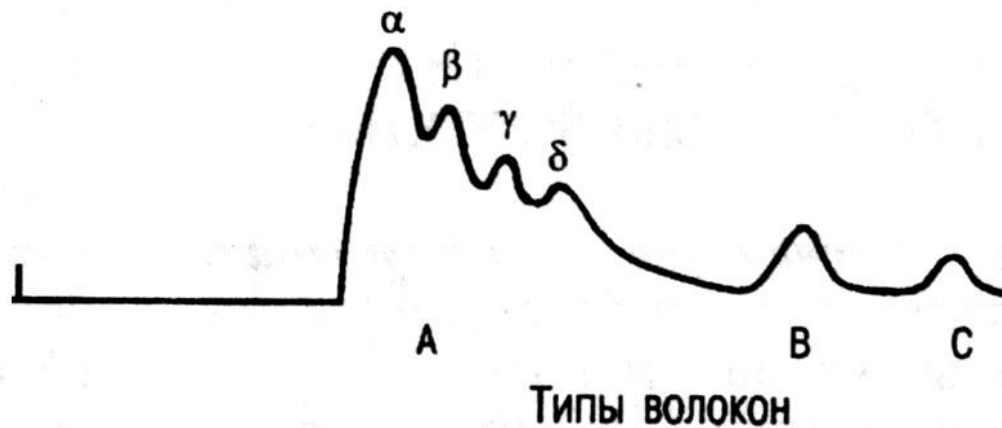
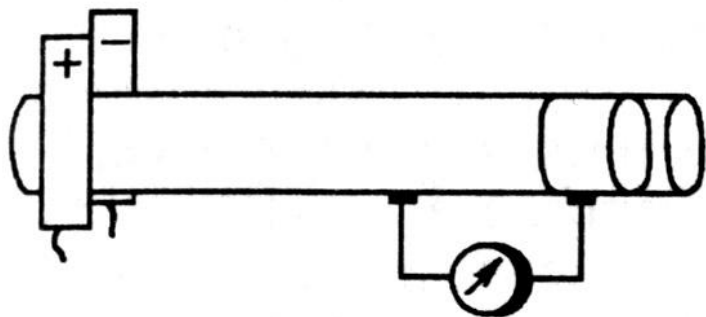
Propagation of the Action Potential



Propagation of the Action Potential



# Типы нервных волокон



макс диаметр  
*макс скорость*  
120 м/с

мин диаметр  
*мин скорость*  
0,5-2 м/с

# Законы проведения возбуждения по нервным волокнам и нервам

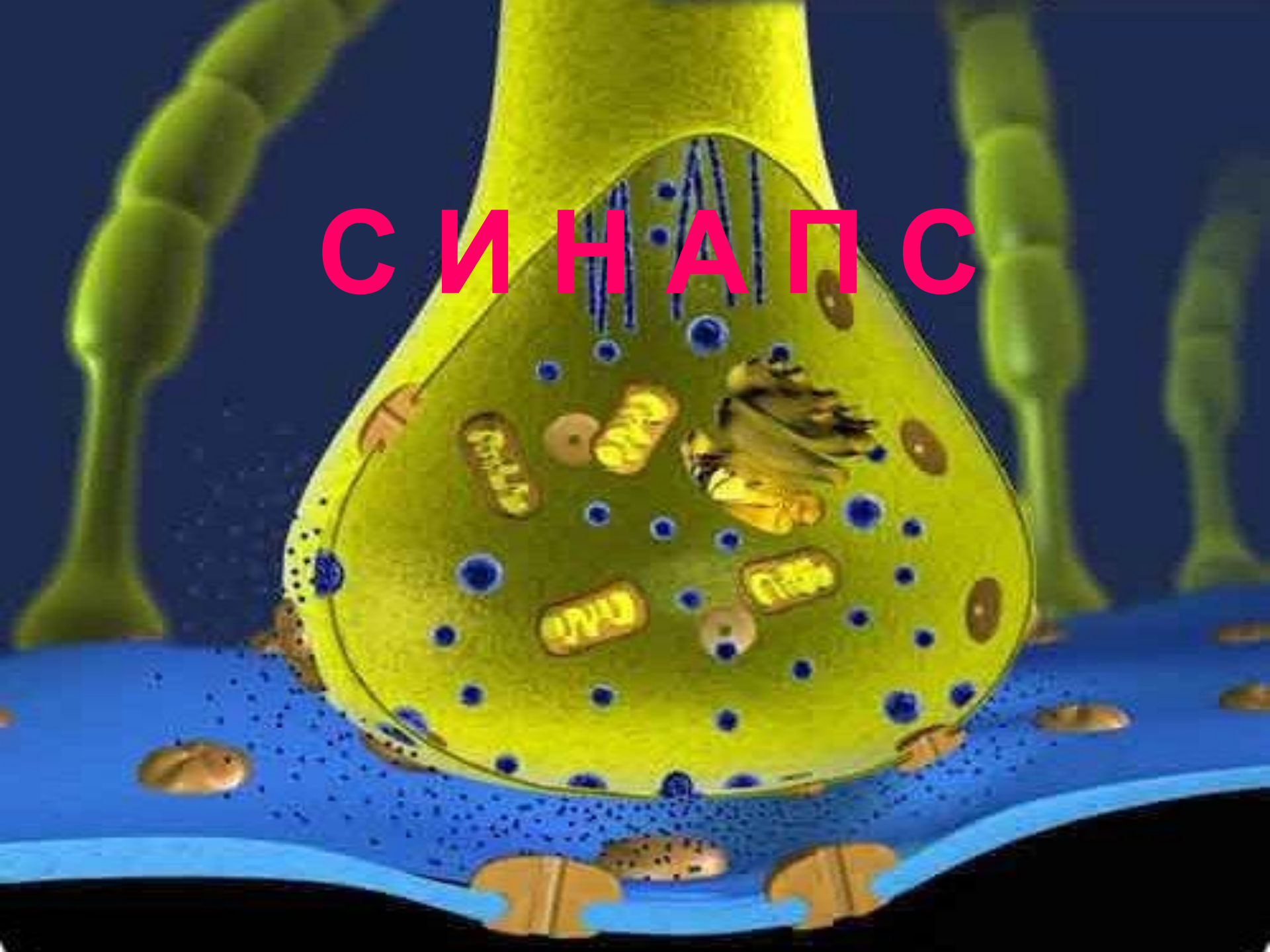
## Закон

**двустороннего проведения возбуждения-**  
возбуждение по нервному волокну распространяется в обе стороны от места его возникновения, т.е. **центростремительно и центробежно.**

**Закон изолированного проведения возбуждения-**  
в составе нерва возбуждение по нервным волокнам распространяется изолированно, т.е. не переходя с одного волокна на другое.

**Закон анатомической и физиологической целостности-**  
проведение возбуждения по нервному волокну возможно лишь в случае его физиологической и анатомической **целостности.**

СИНАПС





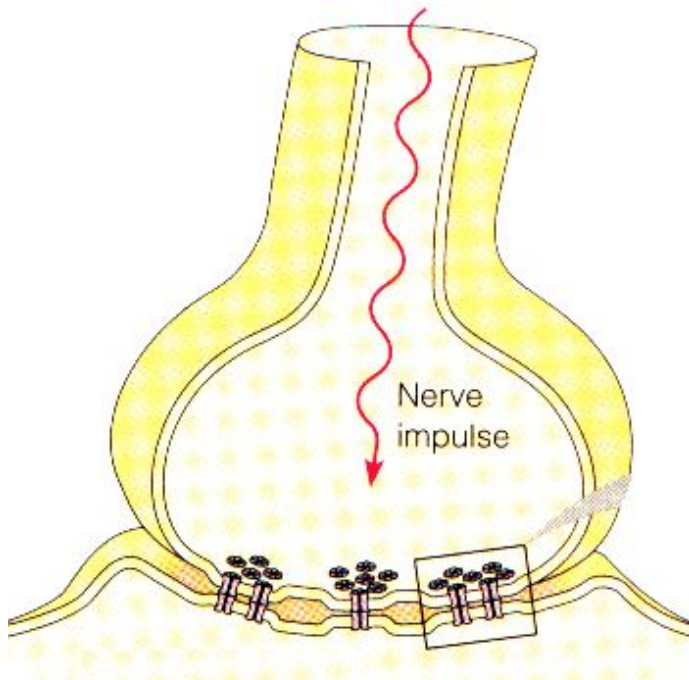
**Синапс** – образование, обеспечивающее передачу возбуждения от одной возбудимой структуры к другой.

Синапс чаще всего образован окончанием аксона нейрона и прилегающим близко к нему участком мембраны контактирующей структуры (другого нейрона, мышечного волокна, эндокринной клетки).



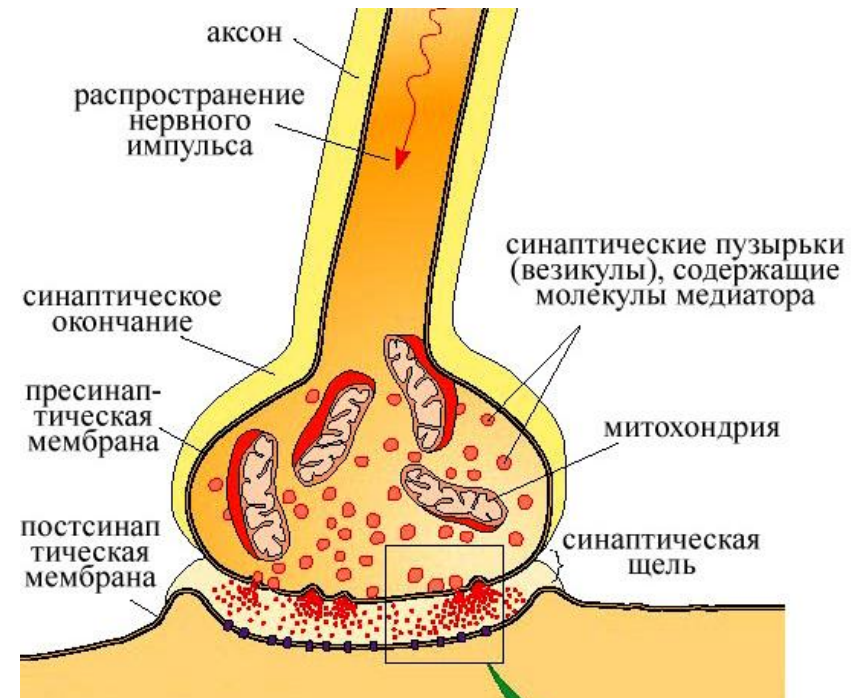
# ВИДЫ СИНАПСОВ ПО ТИПУ ПЕРЕДАЧИ ВОЗБУЖДЕНИЯ

## Электрический синапс ( $\approx 1\%$ )



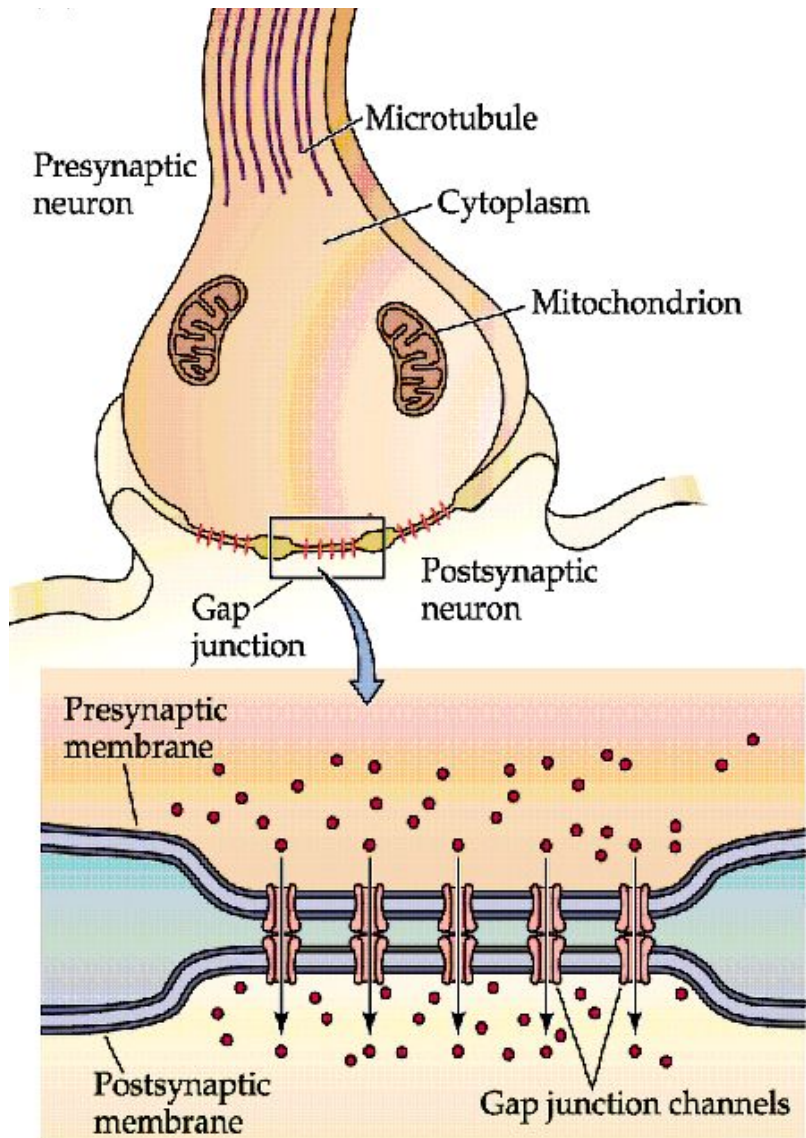
Передача возбуждения в электрических синапсах происходит за счет непосредственного действия электрического тока.

## Химический синапс ( $\approx 99\%$ )



Передача возбуждения в химических синапсах происходит опосредованно: через выделение и действие химического вещества (*медиатора*).

# СВОЙСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИНАПСОВ

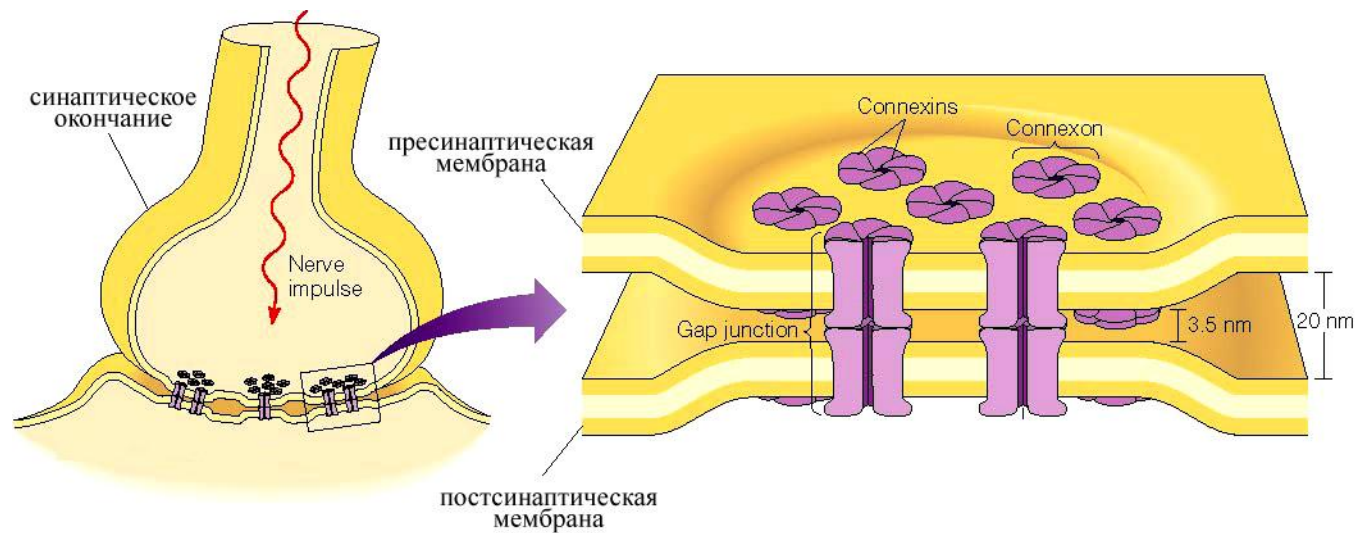


**К электрическим синапсам относят:**

- структуры с полным слиянием мембран;
- контакты со сближением мембран, разделенных узкой щелью (gap junction);
- близко расположенные участки нейронов, не разделенные глией.

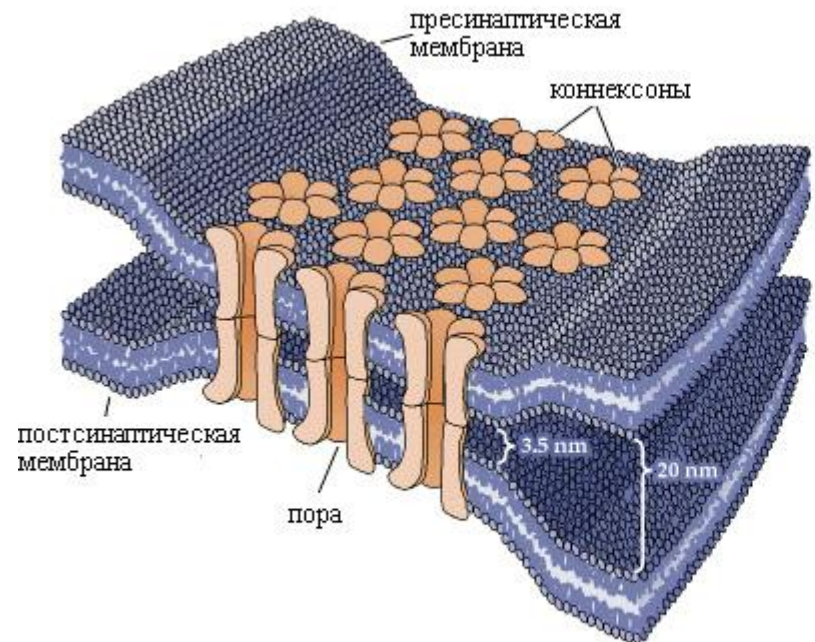
**Для электрических синапсов характерны:**

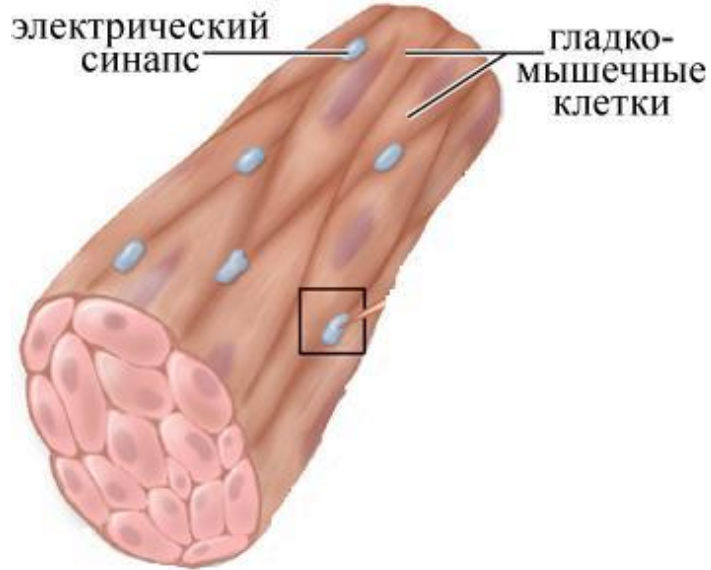
- тесное прилегание мембран контактирующих клеток;
- передача импульса – за счет электрического тока;
- быстрое проведение импульса;
- двустороннее проведение возбуждения;
- низкая утомляемость;
- ослабление сигнала при передаче.



**В щелевых контактах есть каналы (коннексоны), через которые молекулы из одной клетки могут напрямую переходить в другую клетку. Через коннексоны ток в виде ионов распространяется по клеточному синцитию.**

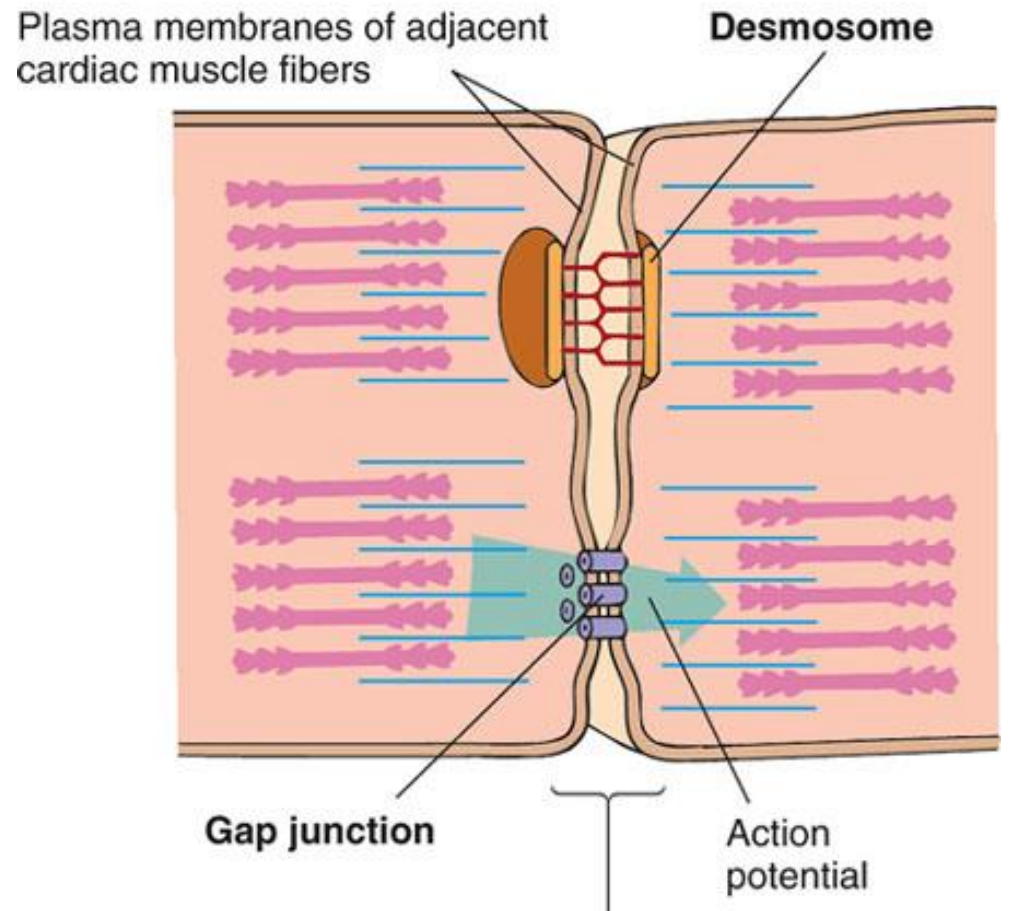
**Электрические синапсы обеспечивают синхронность ответа множества клеток на приходящий сигнал, несмотря на ослабление возбуждения.**



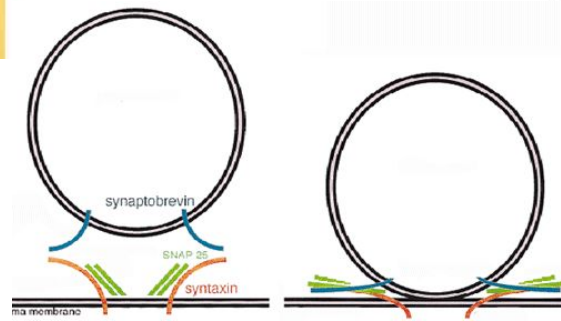
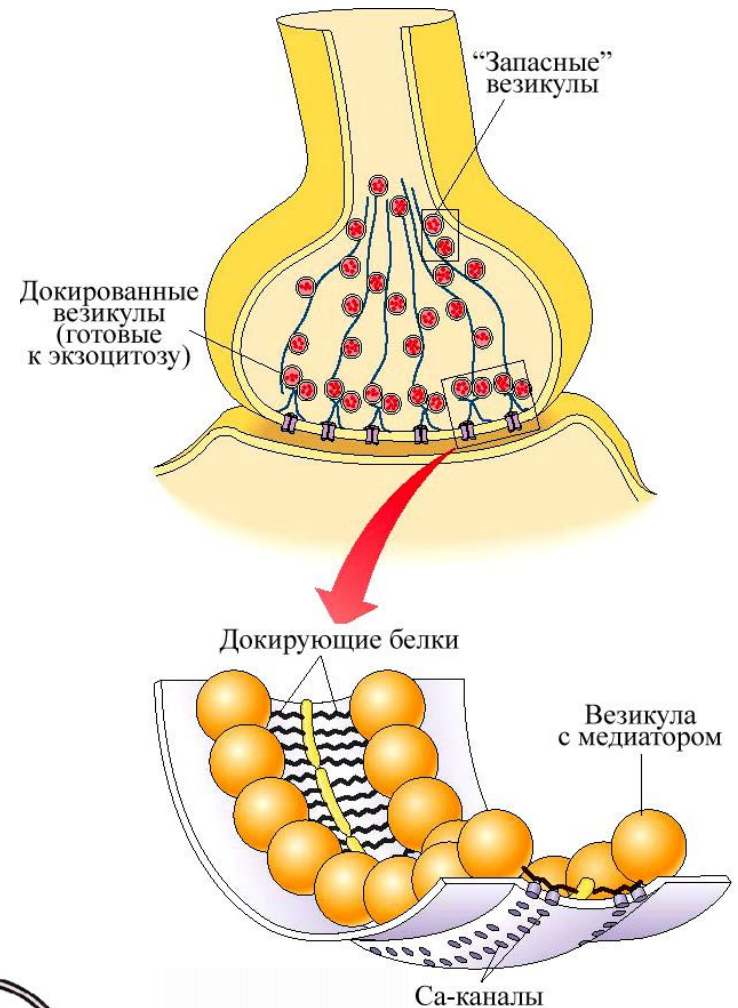
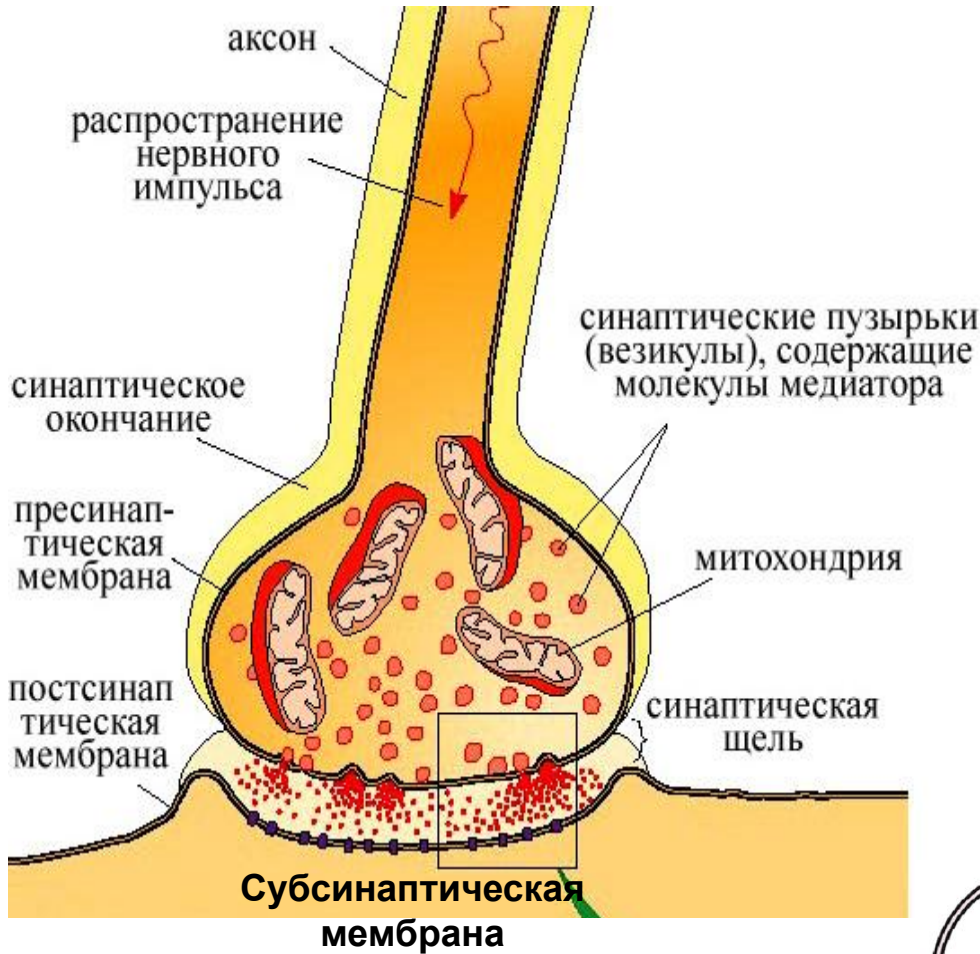


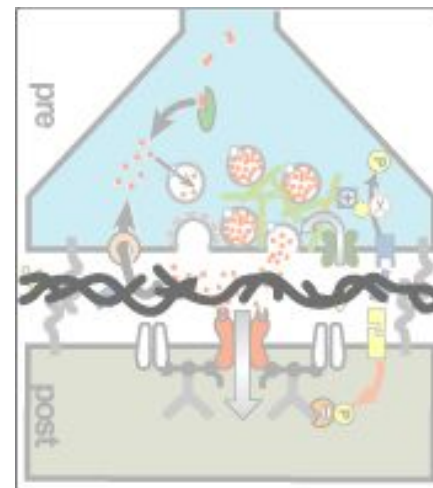
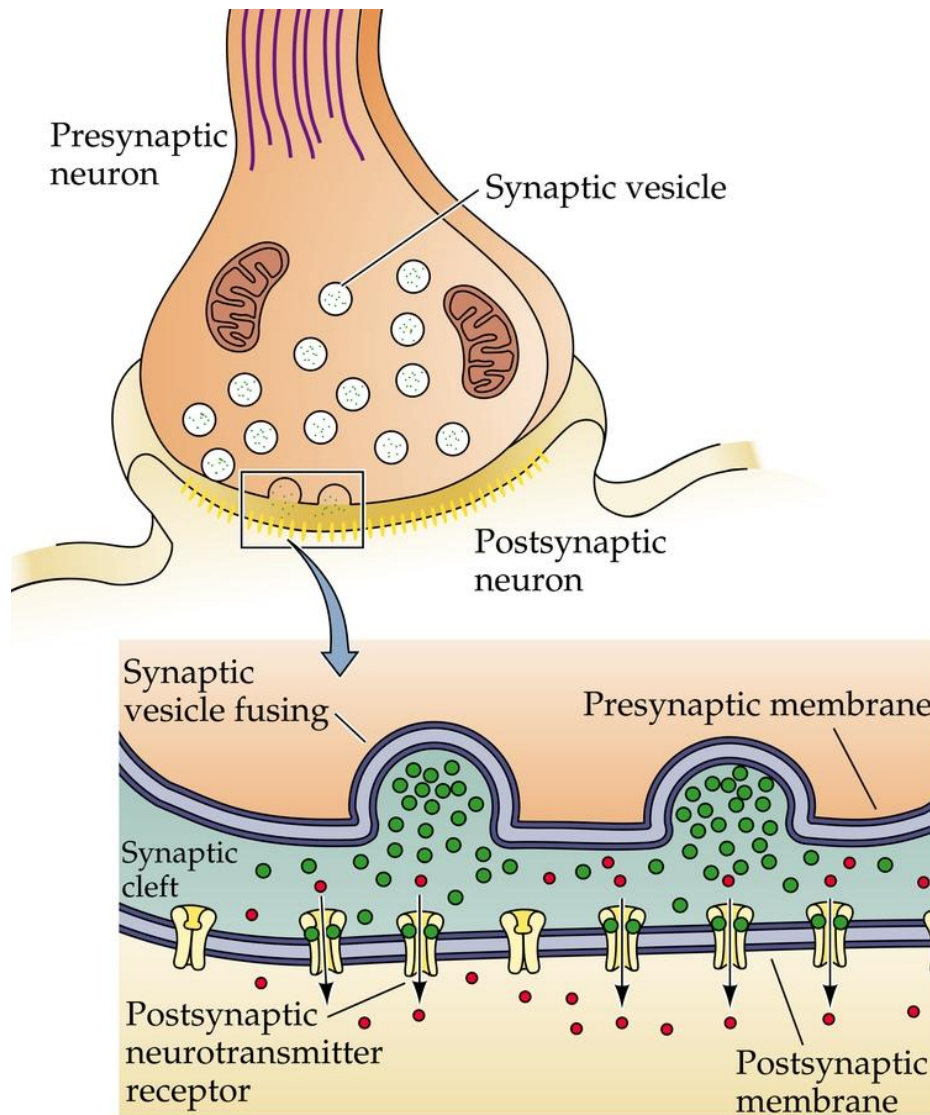
Гладкие мышцы

## Сердечная мышца



# СТРОЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СИНАПСОВ



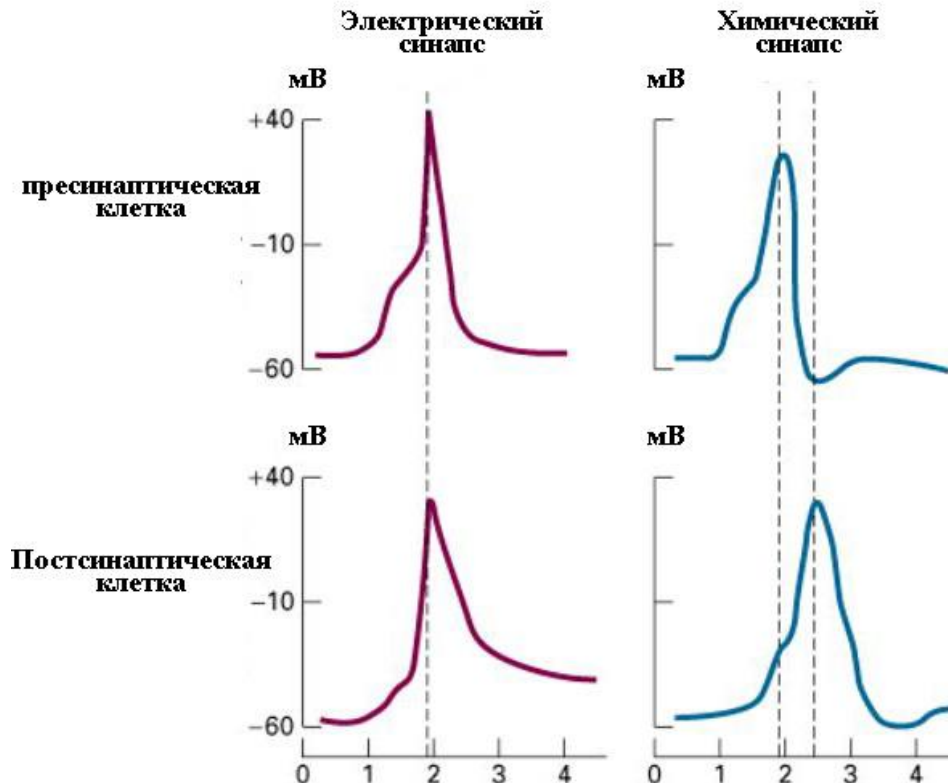


**Синаптическая щель**

**Субсинаптическая мембрана**

# СВОЙСТВА ХИМИЧЕСКИХ СИНАПСОВ

- наличие синаптической щели;
- передача импульса с помощью химического вещества – медиатора;
- проведение импульса с задержкой (0.2-0.5 мс);
- одностороннее проведение возбуждения;
- низкая лабильность (около 100 Гц);
- трансформация ритма возбуждения в межнейронных синапсах;
- повышенная утомляемость;
- повышенная чувствительность к химическим веществам и недостатку кислорода.





По местоположению и принадлежности к соответствующим структурам различают

**синапсы:**

Периферически  
е

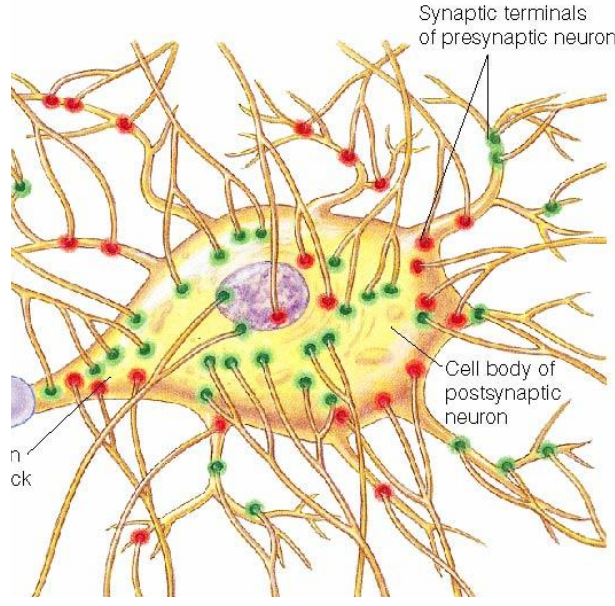
Центральные:  
между  
нейронами  
ЦНС

Нервно-мышечные.

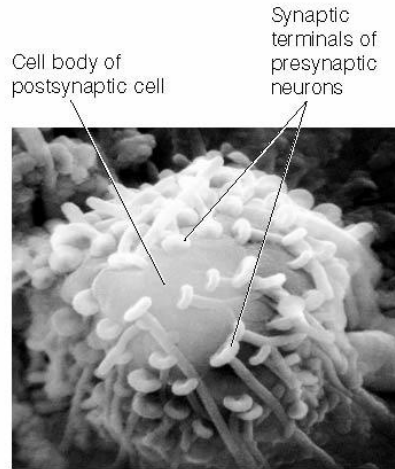
Рецепторно-нейронные.

Нервно-секреторные.

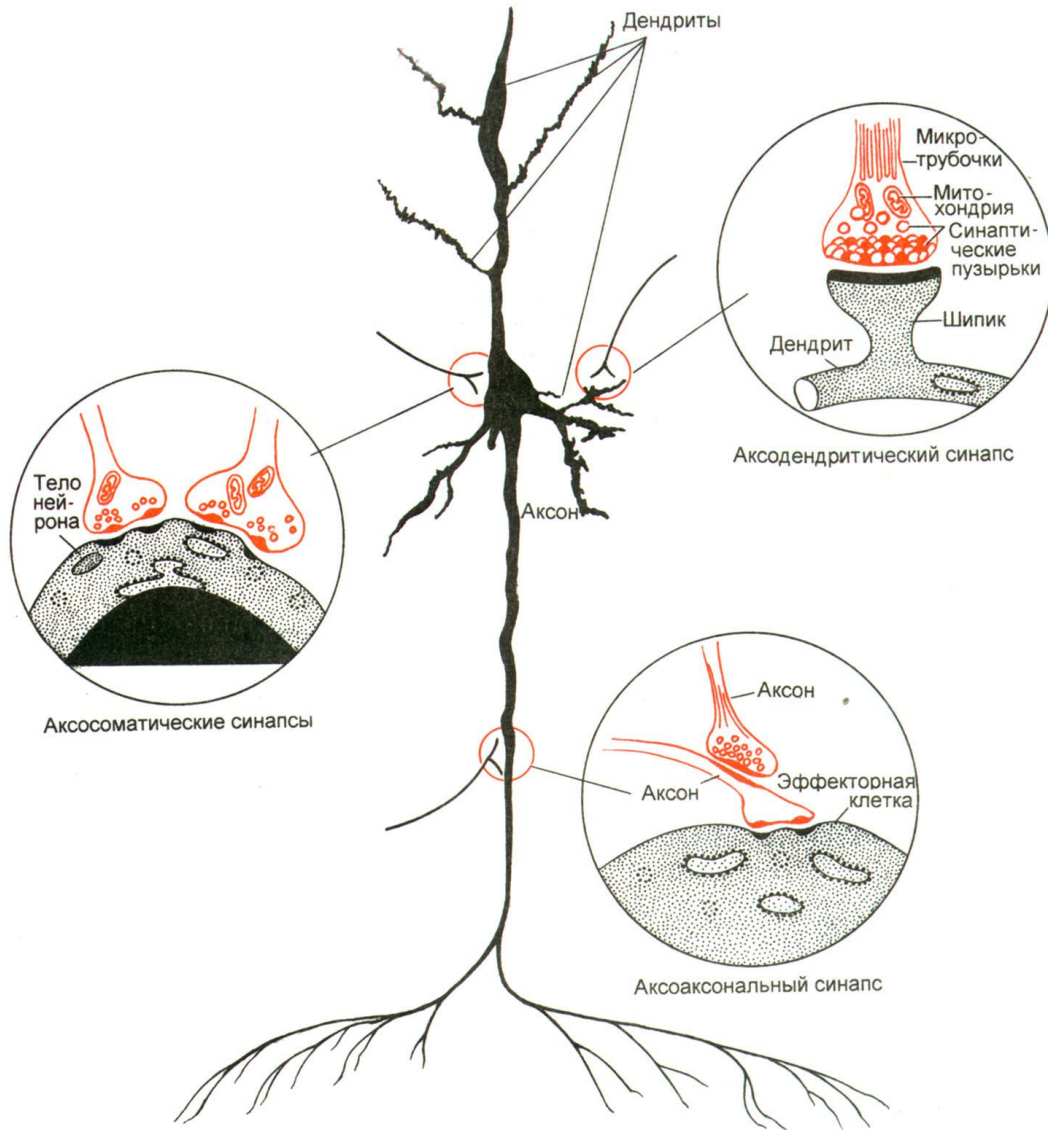
Синапсы ганглиев автономной нервной системы.



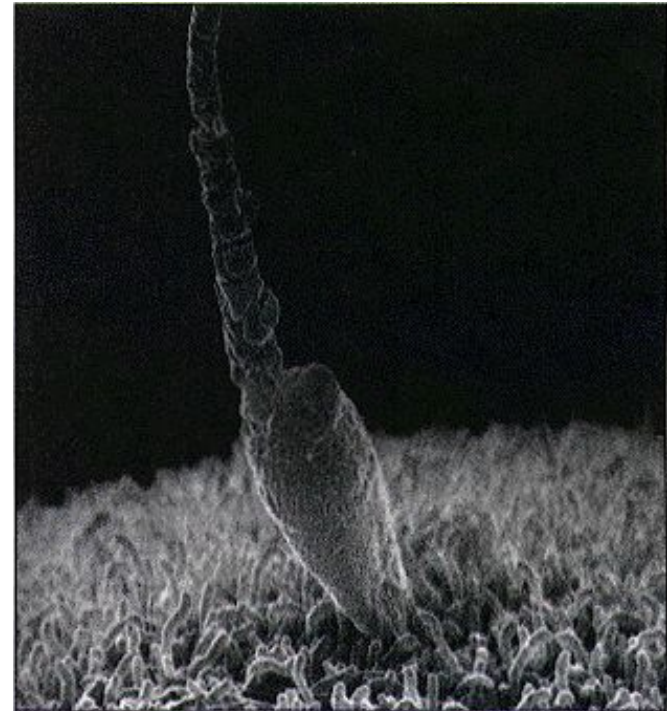
● Excitatory synapse  
● Inhibitory synapse



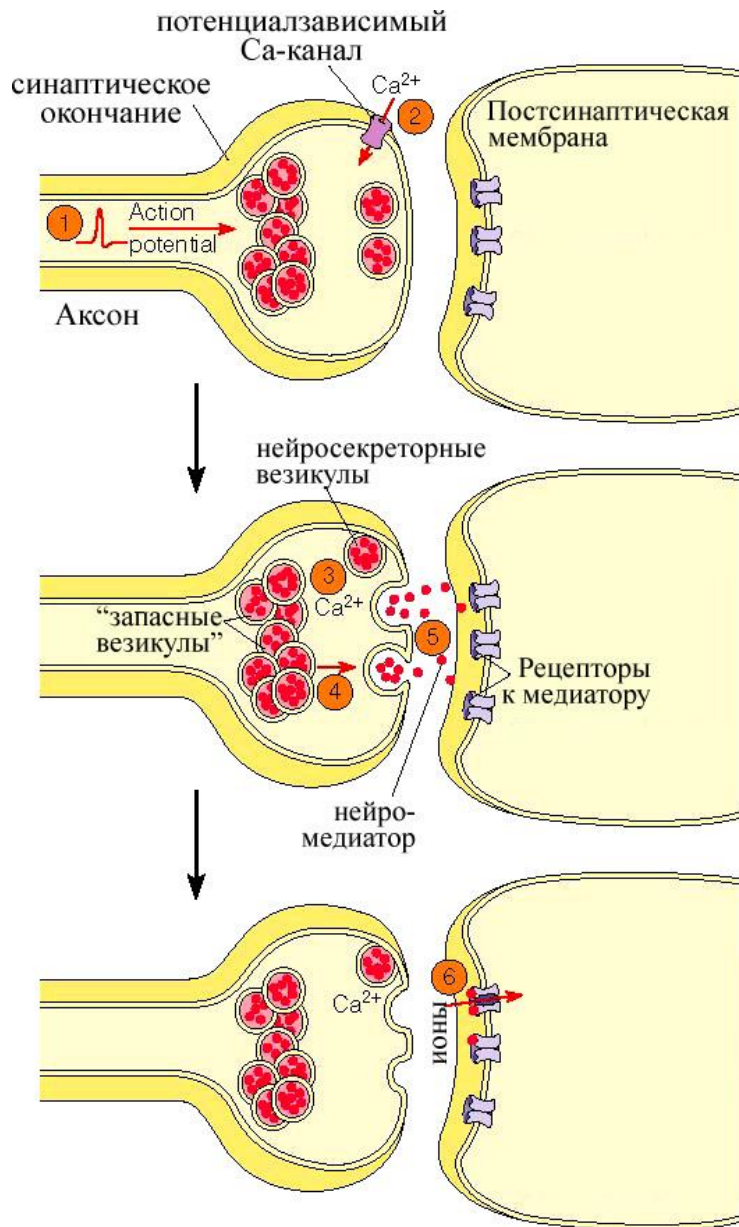
# Центральные синапсы



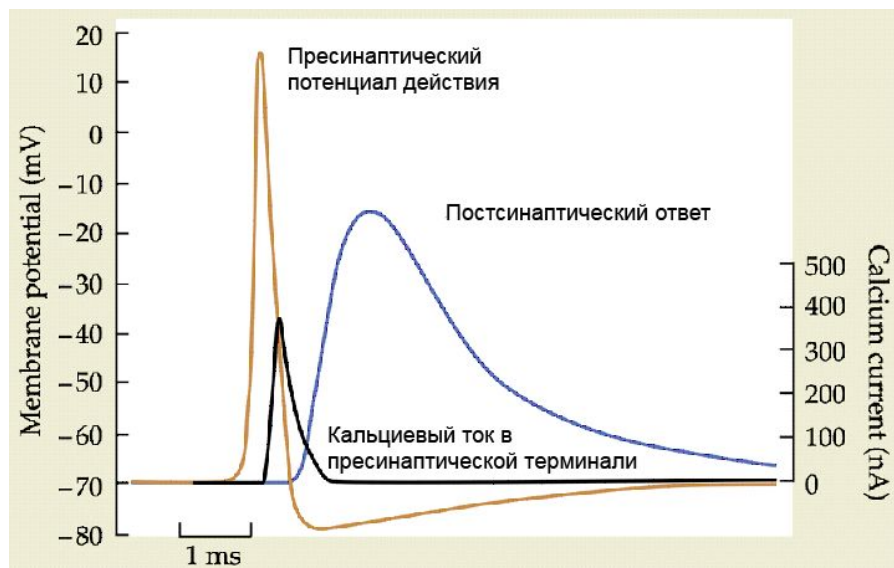
## *Аксо-дендритный синапс*



# Передача возбуждения в химическом синапсе

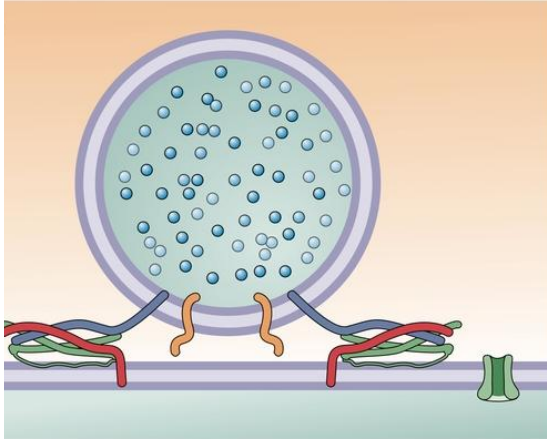


1. Возбуждение синаптического окончания.
2. Открытие потенциал-зависимых Ca-каналов на мембране синаптического окончания - Ca<sup>++</sup> входит внутрь синаптического окончания.
- 3,4. Ca<sup>++</sup> вызывает выход нейромедиатора (**экзоцитоз**).

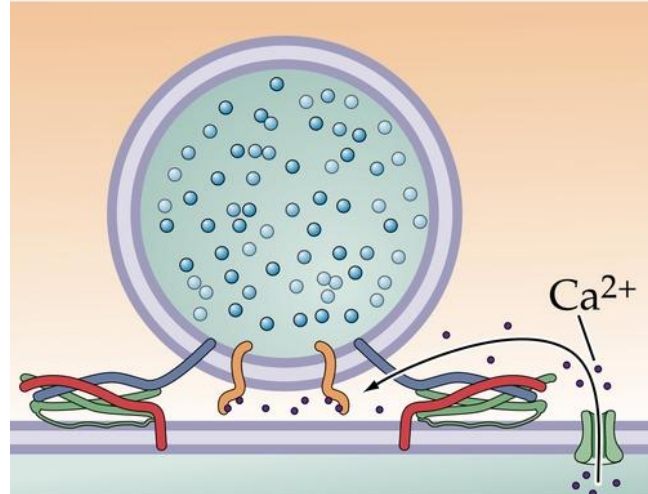


5. Диффузия медиатора к постсинаптической мембране.
6. Связывание медиатора с рецепторами – открытие **хемозависимых** каналов на субсинаптической мембране.

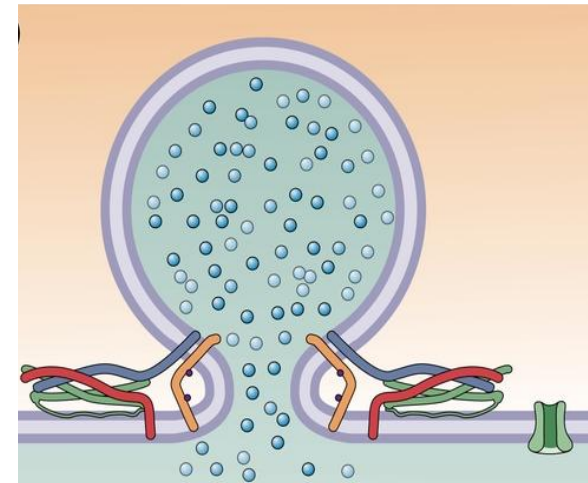
## Экзоцитоз медиатора



**Пузырек прикреплен к мембране (docking) и подготовлен к слиянию с ней (priming).**

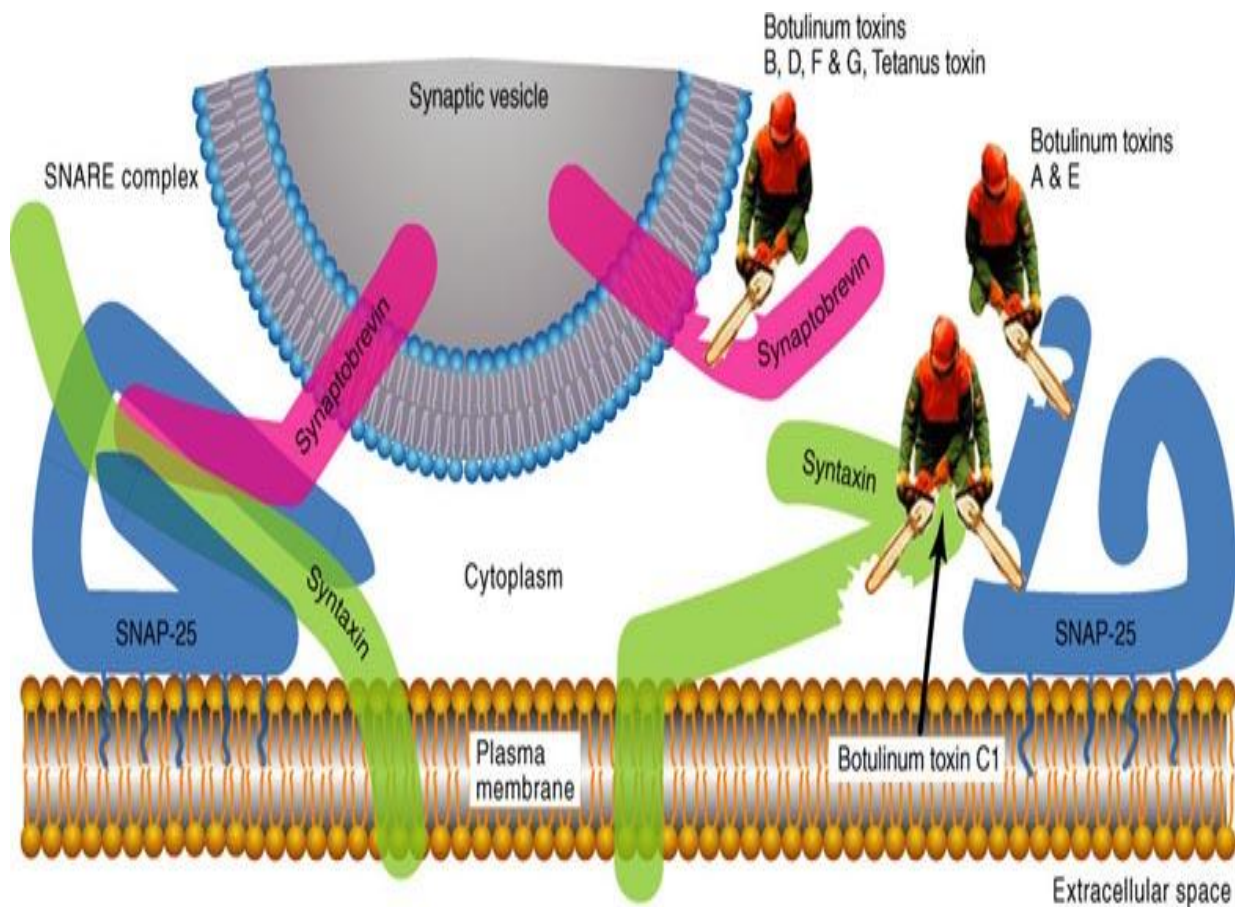


**Деполяризация открывает кальциевые каналы в пресинаптической мембране. Концентрация  $Ca^{2+}$  повышается вблизи пузырька.**



**Происходит слияние пузырька с мембраной и опорожнение его содержимого.**

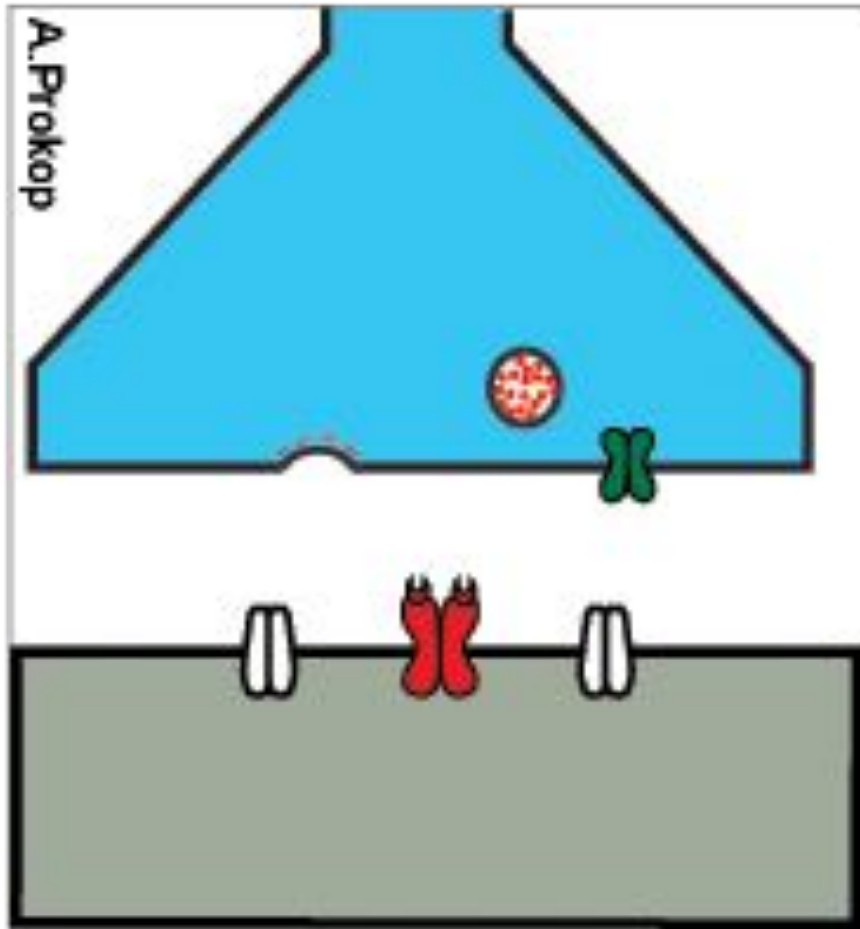
## Белки «машины секреции медиатора» являются мишенями ряда токсинов



- Микробные токсины, вызывающие ботулизм, и столбнячный токсин – специфические протеазы.
- Латротоксин, продуцируемой пауком каракуртом нарушает функцию синаптотагмина.



- Фосфолипазы как пресинаптические токсины

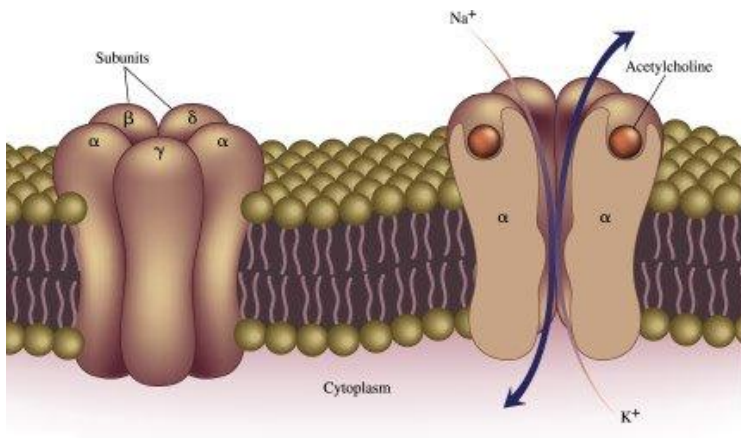


# Постсинаптические процессы

## ТИП СИНАПТИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ ВОЗБУЖДЕНИЯ

### Прямая

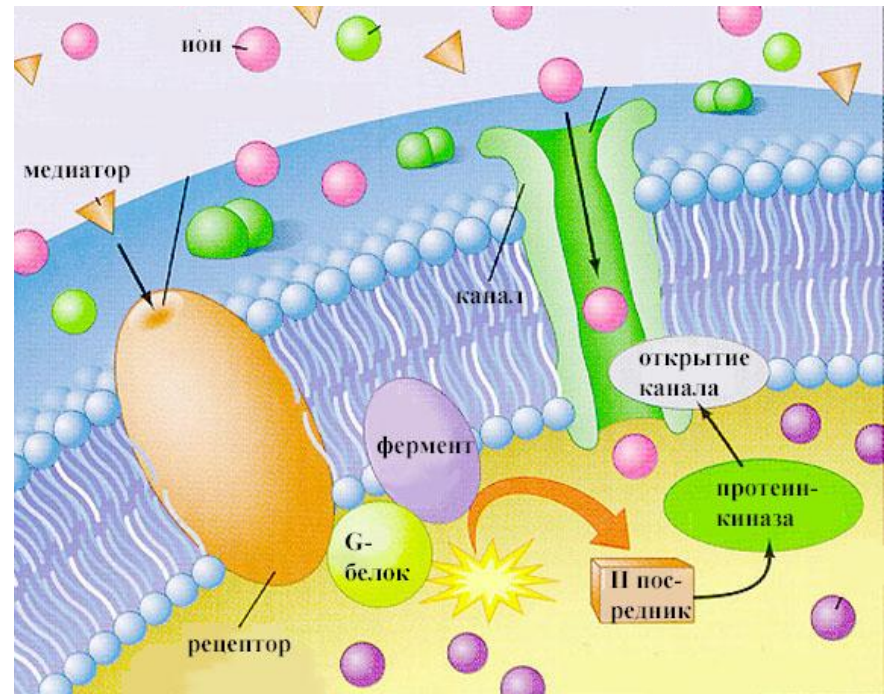
характерна для **ионотропных** рецепторов, белковая структура которых является одновременно ионным каналом.



**Н-холинорецептор  
нервно-мышечного синапса**

### Непрямая

характерна для **метаботропных** рецепторов, передающих сигнал к хемозависимым каналам опосредованно с помощью образования внутри клетки специальных веществ – вторичных посредников (вторичных мессенджеров).



# Возбуждение постсинаптической мембраны. Постсинаптические потенциалы.

## *В возбуждающих синапсах:*

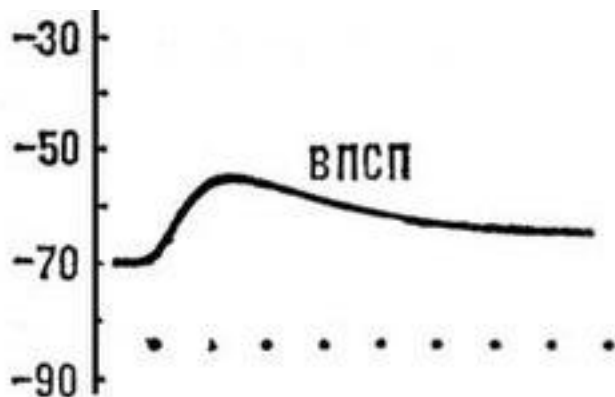
при связывании медиатора с рецепторами открываются полиселективные хемозависимые каналы, проницаемые для ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$ .

Вход  $\text{Na}^+$



местная  
деполяризация:

**ВПСП**



## *В тормозных синапсах:*

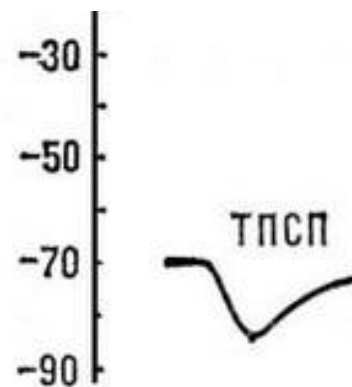
на постсинаптической мембране происходит открытие моноселективных хемозависимых каналов для  $\text{K}^+$  или  $\text{Cl}^-$ .

Вход  $\text{Cl}^-$  или выход  $\text{K}^+$

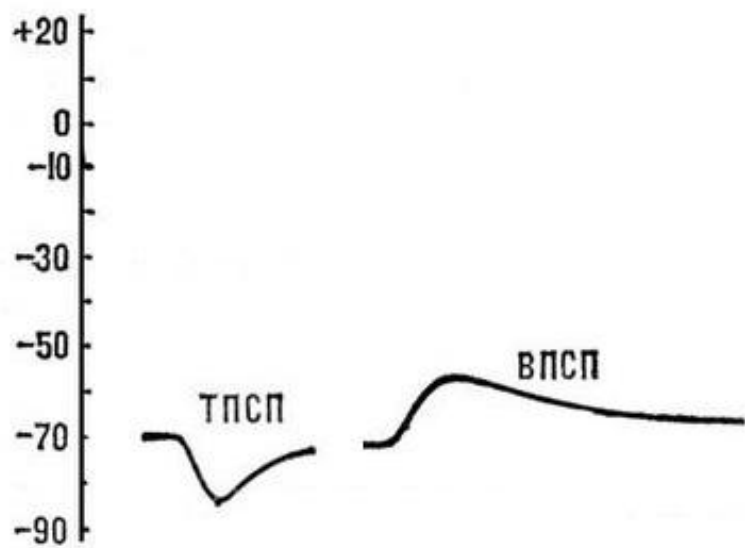
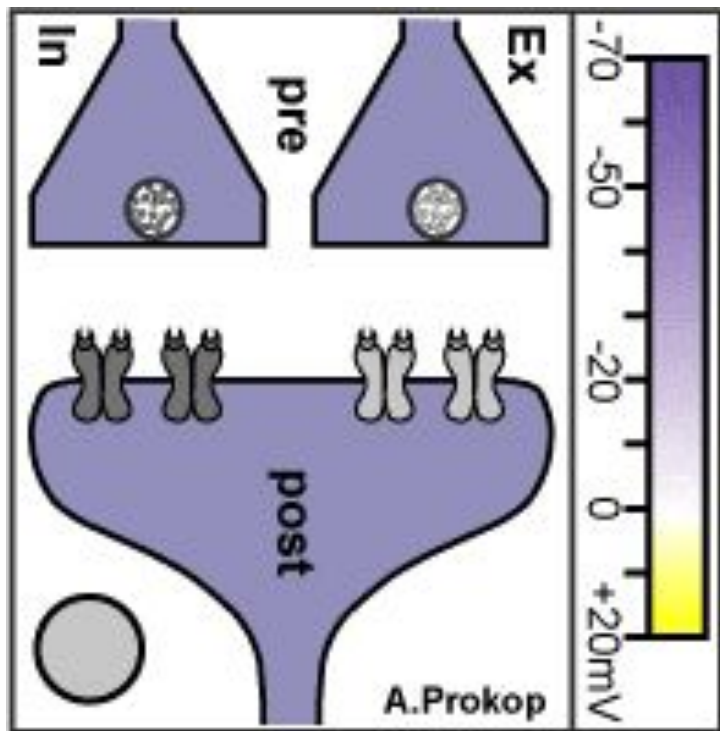


местная  
гиперполяризация:

**ТПСП**







# Виды медиаторов

1. **Сложные эфиры**: ацетилхолин.
2. **Биогенные амины**:
  - катехоламины: адреналин (как медиатор используется только в головном мозге), норадреналин, дофамин;
  - серотонин;
  - гистамин.
3. **Аминокислоты**: гамма-аминомасляная кислота (ГАМК), глицин, глутамат, аспартат, аргинин и др.
4. **Нейропептиды**: вещество П, опиоиды.
5. **Пурины**: АТФ.

## *Классификация медиаторов по действию:*

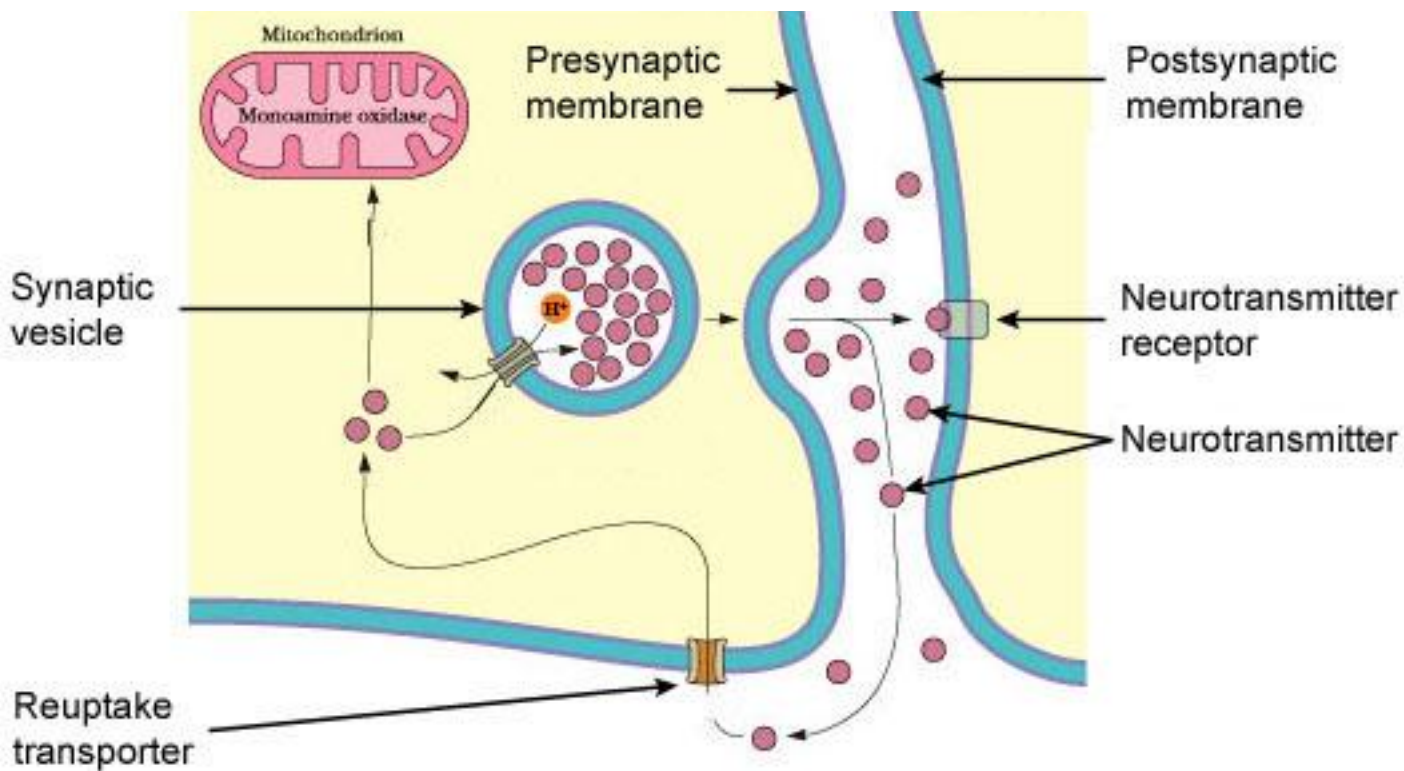
- **Возбуждающие** – например, глутамат
- **Тормозные** – например, ГАМК, глицин

Большинство медиаторов могут быть возбуждающими в одних синапсах, и тормозными – в других.

# Инактивация медиатора

*Инактивация медиатора* – удаление из синаптической зоны.

1. Разрушение молекулы (например, гидролиз ацетилхолина ферментом холинэстеразой).
2. Обратный захват. Активный транспорт молекулы медиатора в синаптическое окончание и глиальную клетку.



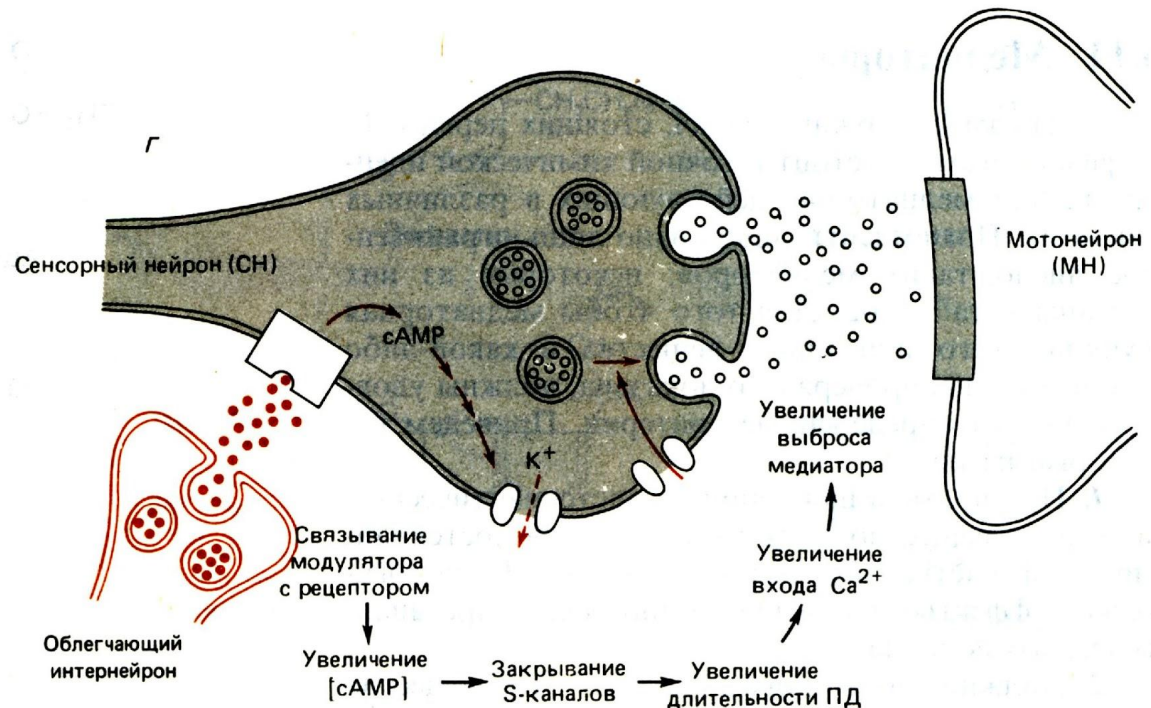
# Модуляция синаптической передачи

**Модуляция** – изменение синаптической передачи возбуждения под действием различных биологических веществ или других медиаторов.

**Модуляторы** – вещества, действующие на передачу возбуждения в синапсе и/или на функциональное состояние нейрона.

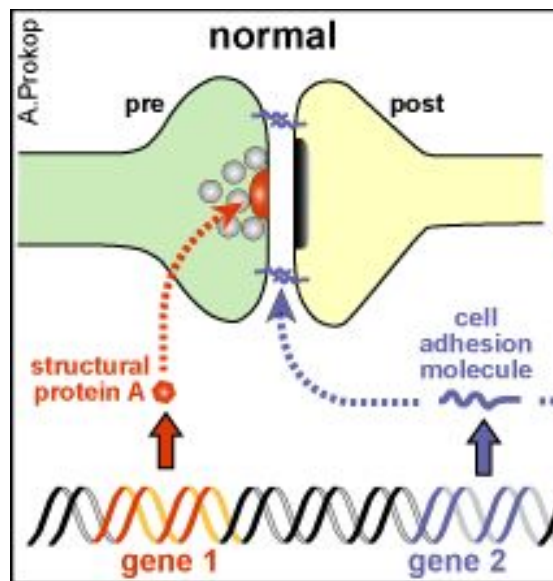
**Модулятором может быть:**

- гормон, гормоноподобное вещество, действующее через кровь;
- медиатор другого синаптического окончания, действующий через межклеточную жидкость;
- **ко-медиатор** – вещество, содержащееся в синаптическом окончании нейрона наряду с обычным медиатором.

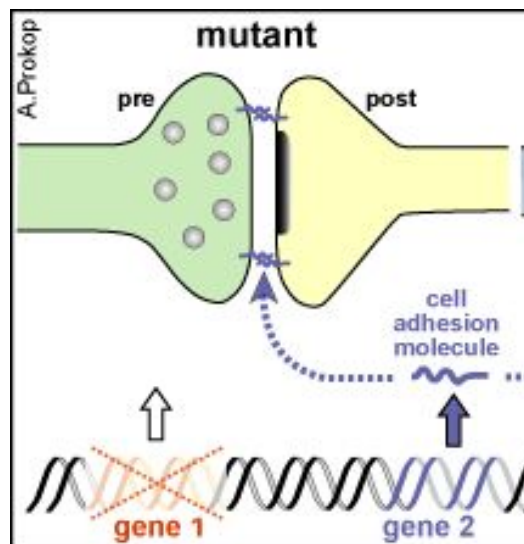


# Возможные генетические нарушения синаптической передачи

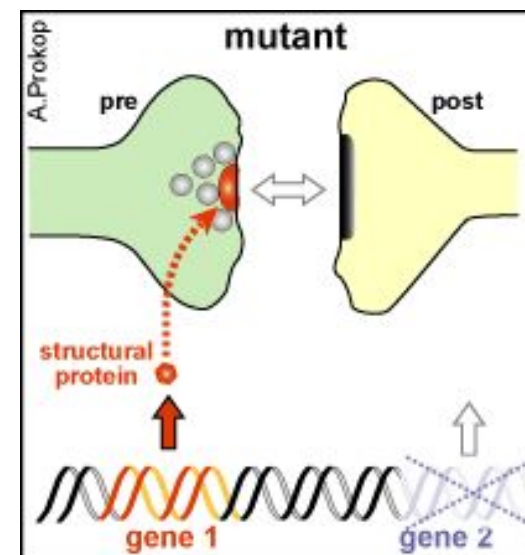
норма



Нарушение докиривания



Нарушение структуры синапса



**БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ**